

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

EXPRESS MAIL NO. EV327880791US

Applicant : Masayoshi Shono  
Application No. : N/A  
Filed : March 18, 2004  
Title : TRANSMIT-RECEIVE FM-CW RADAR APPARATUS

Grp./Div. : N/A  
Examiner : N/A

Docket No. : 52197/DBP/A400

LETTER FORWARDING CERTIFIED  
PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

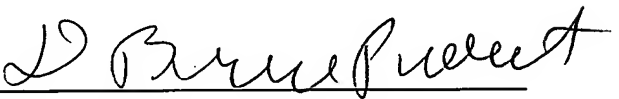
PostOffice Box 7068  
Pasadena, CA 91109-7068  
March 18, 2004

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Japanese Patent Application No. 2003-083083, which was filed on March 25, 2003, the priority of which is claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,

CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By   
D. Bruce Prout  
Reg. No. 20,958  
626/795-9900

DBP/aam  
Enclosure: Certified copy of patent application

AAM PAS555898.1-\*03/18/04 1:22 PM

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月25日  
Date of Application:

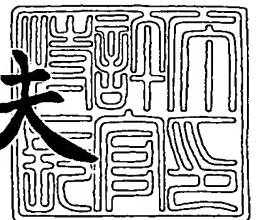
出願番号 特願2003-083083  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-083083]

出願人 富士通テン株式会社  
Applicant(s):

2004年 1月 7日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3109205

【書類名】 特許願

【整理番号】 1033189

【提出日】 平成15年 3月25日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G01S 13/34  
G01S 7/28

【発明の名称】 送受信共用FM-CWレーダ装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号 富士通テ  
ン株式会社内

【氏名】 生野 雅義

【特許出願人】

【識別番号】 000237592

【氏名又は名称】 富士通テン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100108383

【弁理士】

【氏名又は名称】 下道 晶久

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814498

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 送受信共用FM-CWレーダ装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置であって、送信系又は受信系の信号経路に増幅器を設け、該受信系の信号経路に設けられた増幅器の利得又は該送信系の信号経路に設けられた増幅器の利得を制御して、受信タイミングの区間のうち前半部又は送信タイミングの区間のうち後半部における利得を抑制する手段を設けた、送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項2】 送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ増幅器を設け、前記送信と受信のタイミングに合わせて前記送信系に設けられた増幅器及び受信系に設けられた増幅器を交互に動作させ、前記送受信の切替を行う、請求項1に記載の送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項3】 前記利得の抑制は、前記受信タイミングの区間の前端部から中間部にかけて、又は送信タイミングの区間の後端部から中間部にかけて徐々に抑制の度合いを小さくする、請求項1又は2に記載の送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項4】 前記利得の抑制は、前記受信タイミングの区間の前端部から中間部にかけて、又は送信タイミングの区間の後端部から中間部にかけて段階的に抑制の度合いを小さくする、請求項1又は2に記載の送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項5】 前記受信系の信号経路に複数の増幅器を設け、一方の増幅器で前記送受信の切替を行い、他方の増幅器で前記受信タイミングの区間のうち前半部における利得を抑制する手段を設けた、請求項2に記載の送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項6】 前記増幅器による利得の抑制は、増幅器に印加される電圧を変化させることにより行う、請求項1に記載の送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項7】 前記増幅器による送受信の切替は、増幅器に印加される電圧

を変化させることにより行う、請求項2に記載の送受信共用FM-CWレーダ装置。

【請求項8】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置であって、送信系又は受信系の信号経路に増幅器を設けるとともに、該送信系の信号経路又は送信系から方向性結合器により分岐された分岐部に通倍器を設け、該送信系の信号経路に設けられた通倍器（Mt）に印加される電圧を変化させて、送信タイミングの区間のうち後半部の電力を抑制する手段を設け、又は分岐部に設けられた通倍器（Mr）に印加される電圧を変化させて、受信タイミングの区間のうち前半部の電力を抑制する手段を設けた、送受信共用FM-CWレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、連続波（CW）を周波数変調（FM）した送信信号を用いるFM-CWレーダ装置であって、1アンテナにより時分割により送受信を切り替える送受信共用FM-CWレーダ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

目標物体であるターゲットとの相対速度と距離を計測するレーダとして、FM-CWレーダが用いられている。この方式のレーダは、簡単な信号処理回路により先方車両との相対速度及び距離を測定することができ、また、送受信機も簡単に構成できるため、自動車の衝突防止用レーダとして用いられている。

【0003】

FM-CWレーダとして、1アンテナ時分割制御方式による送受信共用のものが知られている。例えば、送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ増幅器を設け、送信と受信のタイミングに合わせて送信系に設けられた増幅器及び受信系に設けられた増幅器を交互に動作させ、送受信の切替を行うものが開示されている（特許文献1）。

送受信の切替は増幅器の利得を制御し、増幅器をオン、オフすることにより行

う。このように、増幅器の利得を制御し、増幅器をオン、オフすることによって送受信の切替を行うことによって、送受信間の分離を向上させ、送信電力が送受信切替部を介して受信系に漏洩しないようにしている。

#### 【0004】

##### 【特許文献1】

特開 2002-122661号公報

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

FM-CWレーダにおいて、受信信号の電力はターゲットまでの距離の4乗に反比例して弱くなるため、近距離のターゲットからの反射波と、遠距離のターゲットからの反射波とでは、受信電力のレベルが大きく異なり、そのため受信回路には広いダイナミックレンジが要求され、受信回路のコスト高に繋がる。

本発明は、送受信共用FM-CWレーダにおいて、送受信間の分離を向上させることに加えて、さらに受信回路部のダイナミックレンジを拡大せずに適切にターゲットを検出し、また、ターゲットの距離に応じて受信信号を適切に処理できる、送受信共用FM-CWレーダを提供することを目的とするものである。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明送受信共用FM-CWレーダ装置によれば、送信系又は受信系の信号経路に増幅器を設け、該受信系の信号経路に設けられた増幅器の利得又は該送信系の信号経路に設けられた増幅器の利得を制御して、受信タイミングの区間のうち前半部又は送信タイミングの区間のうち後半部における利得を抑制することにより、受信系のダイナミックレンジを小さくすることができる。

また、送信系及び受信系にそれぞれ増幅器を設け、前記送信と受信のタイミングに合わせて送信系に設けられた増幅器及び受信系に設けられた増幅器を交互に動作させ、前記送受信の切替を行う。

そして、前記利得は、前記受信タイミングの区間の前端部から中間部にかけて徐々に抑制の度合いを小さくし、又は送信タイミングの区間の後端部から中間部にかけて徐々に抑制の度合いを小さくし、近距離のターゲットからの反射波の受

信電力を抑制している。また、前記利得は、前記受信タイミングの区間の前端部から中間部にかけて段階的に抑制の度合いを小さくし、又は送信タイミングの区間の後端部から中間部にかけて段階的に抑制の度合いを小さくすることもできる。

#### 【0007】

また、前記受信系の信号経路に複数の増幅器を設け、一方の増幅器で前記送受信の切替を行い、他方の増幅器で前記受信タイミングの区間のうち前半部における利得を抑制することもできる。

そして、前記増幅器による利得の抑制又は送受信の切替は、増幅器に印加される電圧を変化させることにより行う。

さらに、前記送信系の信号経路又は送信系から方向性結合器により分離された分岐部に通倍器を設け、送信系の信号経路に設けられた通倍器 ( $M_t$ ) に印加される電圧を変化させて、送信タイミングの区間のうち後半部の電力を抑制し、又は分岐部に設けられた通倍器 ( $M_r$ ) に印加される電圧を変化させて、受信タイミングの区間のうち前半部の電力を抑制することもできる。

#### 【0008】

##### 【発明の実施の形態】

本発明によるレーダ装置について説明する前に、FM-CWレーダの原理について説明する。

FM-CWレーダは、例えば三角波形状の周波数変調された連続の送信波を出力してターゲットである前方の車両との距離を求めている。即ち、レーダからの送信波が前方の車両で反射され、反射波の受信信号と送信信号をミキシングして得られるビート信号（レーダ信号）を得る。このビート信号を高速フーリエ変換して周波数分析を行う。周波数分析されたビート信号はターゲットに対してパワーが大きくなるピークが生じるが、このピークに対する周波数をピーク周波数と呼ぶ。ピーク周波数は距離に関する情報を有し、前方車両との相対速度によるドップラ効果のために、前記三角波形状のFM-CW波の上昇時と下降時とではこのピーク周波数は異なる。そして、この上昇時と下降時のピーク周波数から前方の車両との距離及び相対速度が得られる。また、前方の車両が複数存在する場合



は各車両に対して一対の上昇時と下降時のピーク周波数が生じる。この上昇時と下降時の一対のピーク周波数を形成することをペアリングという。

#### 【0009】

図1は、ターゲットとの相対速度が0である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は三角波で図1の(a)の実線に示す様に周波数が変化する。送信波の送信中心周波数は $f_0$ 、FM変調幅は $\Delta f$ 、繰り返し周期は $T_m$ である。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図1の(a)の破線で示す受信波となる。ターゲットとの間の往復時間 $T$ は、ターゲットとの間の距離を $r$ とし、電波の伝播速度を $C$ とすると、 $T = 2r/C$ となる。

#### 【0010】

この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ(ビート)を起こす。

ビート信号の周波数成分 $f_b$ は次の式で表すことができる。なお、 $f_r$ は距離周波数である。

$$f_b = f_r = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r \quad (1)$$

#### 【0011】

一方、図2はターゲットとの相対速度が $v$ である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は図2の(a)の実線に示す様に周波数が変化する。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図2の(a)の破線で示す受信波となる。この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ(ビート)を起こす。

#### 【0012】

この場合、ターゲットとの間に相対速度 $v$ を有するのでドップラーシフトとなり、ビート周波数成分 $f_b$ は次の式で表すことができる。なお、 $f_r$ は距離周波数、 $f_d$ は速度周波数である。

$$f_b = f_r \pm f_d = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r \pm (2 \cdot f_0 / C) v \quad (2)$$

上記式において、各記号は以下を意味する。

$f_b$ : 送信ビート周波数

$f_r$  : 距離周波数  
 $f_d$  : 速度周波数  
 $f_0$  : 送信波の中心周波数  
 $\Delta f$  : FM変調幅  
 $T_m$  : 変調波の周期  
 $C$  : 光速 (電波の速度)  
 $T$  : 物体までの電波の往復時間  
 $r$  : 物体までの距離  
 $v$  : 物体との相対速度

## 【0013】

図3は、1アンテナ方式の送受信共用FM-CWレーダの構成の例を示したものである。図に示す様に、電圧制御発振器 (VCO) 2に変調信号発生器 (MOD) 1から変調信号を加えてFM変調し、変調されたFM変調波は方向性結合器3を経由して送受信アンテナ (ATR) から外部に送信されると共に、送信信号の一部は方向性結合器3で分岐され第1のミキサ4-1に加えられる。一方、物体から反射された反射信号は送受信アンテナ (ATR) を介して受信される。SW8は送受信切替スイッチであり、発振器で構成される送受信切替信号発生器 (OSC) 9からの信号により送受信を切り替える。OSC9はSW8をスイッチングさせ送受信を切り替えるため周波数  $f_{sw}$  の変調信号を発生する。受信された信号は第1のミキサ4-1で電圧制御発振器 (VCO) 2の出力信号とミキシングされてIF信号が生成される。このIF信号は第2のミキサ4-2で、OSC9からの周波数  $f_{sw}$  の変調信号と混合されてダウンコンバートされ、ビート信号が生成される。このビート信号はフィルタ (F) 5を介してA/D変換器 (A/D) 6でA/D変換され、デジタル信号処理部 (DSP) 7で高速フーリエ変換等により信号処理がされて距離および相対速度等が求められる。

## 【0014】

上記送受信アンテナから受信される受信信号の電力、及びビート信号の電力は以下ようになる。まず、受信信号の電力  $P_r$  は次の式で表される。

$$P_r = \left[ (G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma \cdot P_t) / \{ (4\pi)^3 \cdot r^4 \} \right] \cdot L_a \quad (3)$$

上記式において、各記号は以下を意味する。

G：アンテナ利得

$\lambda$ ：波長

$\sigma$ ：反射物体の断面積

P<sub>t</sub>：送信電力

r：距離

L<sub>a</sub>：大気減衰率

また、ビート信号の出力P<sub>b</sub>は次の式で表される。

$$P_b = P_r \cdot C_{mix} \quad (4)$$

C<sub>mix</sub>はミキサでの変換損失率である。

#### 【0015】

図4は送信、受信等のタイミングを示した図である。図3のSW8は周波数f<sub>sw</sub>（周期T<sub>sw</sub>）の信号によりスイッチングされ、送信と受信のタイミングを切り替える。図4（a）は送信タイミングの区間を示したものであり、（b）は送信波がターゲットに反射されて戻ってくるタイミングを示したものであり、（c）は受信タイミングの区間を示したものであり、この間に戻ってくる反射波はアンテナATRで受信される。従って、（b）で示したタイミングで反射波が戻ってくると、実際に受信される反射波は（d）に示す通りとなる。

#### 【0016】

上記のように、1アンテナ方式の送受信共用FM-CWレーダにおいては送信と受信のタイミングを交互に設け、送信波がターゲットに反射して戻ってくる反射波を受信する。また、受信のタイミングは送受信切り替え周波数の周期T<sub>sw</sub>の半周期となるので、反射波の遅延時間が半周期のときに受信効率が最も良くなり、遅延時間が1周期のときに受信ができなくなる。

従って、所望の検知距離を確保するためには、所望の検知距離からの反射波の遅延時間が送受信切り替え周波数の1周期以内となるような送受信切り替え周波数を選択しなければならない。

#### 【0017】

図5は、ターゲットの距離に応じて反射波のうちどの部分が受信されるかを示

したものである。

図5 (d) は受信タイミングの区間を示したものであり (図4 (c) と同じ)、 (a) は近距離ターゲットからの反射波が戻るタイミングを示したものである。 (a) に示す波形からわかるように、近距離ターゲットからの反射波は受信タイミングの区間  $t_0 - t_3$  より早い  $t_a - t_1$  の間に戻ってくる。しかし、反射波の一部 ( $t_a - t_0$  間) は受信タイミングの区間 ( $t_0 - t_3$ ) より早く戻って来てしまうので受信されず、実際に受信される近距離ターゲットからの反射波は  $t_0 - t_1$  間のみとなる。

同様に、 (b) は中距離ターゲットからの反射波が戻るタイミングを示したものである。この場合、 (b) に示す波形からわかるように、受信タイミングの区間より早い  $t_b - t_2$  間に戻ってくるので、実際に受信されるのは  $t_0 - t_2$  間のみとなる。

(c) は遠距離ターゲットからの反射波が戻るタイミングを示したものである。この場合、受信タイミングの区間とほぼ同じ区間に戻ってくるので、反射波のほとんどが受信される。

【0018】

〔実施例1〕

図6は、本発明に用いる1アンテナ送受信共用FM-CWレーダの構成の概要を示した図である。電圧制御発振器 (VCO) 2に変調信号発生器 (MOD) 1から変調信号を加えてFM変調し、変調されたFM変調波は方向性結合器3を経由して送受信アンテナ (ATR) から外部に送信されると共に、送信信号の一部は方向性結合器3で分岐され第1のミキサ4-1に加えられる。一方、物体から反射された反射信号は送受信アンテナ (ATR) を介して受信される。SW8は送受信切替スイッチであり、発振器で構成される送受信切替信号発生器 (OSC) 9からの周波数  $f_{sw}$  の切り替え信号により送受信を切り替える。A<sub>t</sub>は送信側に設けられた増幅器、A<sub>r</sub>は受信側に設けられた増幅器であり、発振器で構成される送受信切替信号発生器 (OSC) 9からの周波数  $f_{sw}$  の切り替え信号によりオン、オフ制御される。受信側に設けられた増幅器A<sub>r</sub>には反転器11が設けられており、増幅器A<sub>t</sub>とA<sub>r</sub>は交互にオン、オフされ、増幅器A<sub>t</sub>がオンの

ときに送信され、増幅器  $A_r$  がオンのときに受信される。

#### 【0019】

受信された信号は第1のミキサ4-1で電圧制御発振器(VCO)2の出力信号とミキシングされてIF信号が生成される。このIF信号は第2のミキサ4-2で、OSC9からの周波数  $f_{sw}$  の変調信号と混合されてダウンコンバートされ、ビート信号が生成される。このビート信号はフィルタ(F)5を介してA/D変換器(A/D)6でA/D変換され、デジタル信号処理部(DSP)7で高速フーリエ変換等により信号処理がされ、距離および相対速度等が求められる。

#### 【0020】

図7は、本発明の実施例の動作を説明するための図である。図7において、(a)は送信タイミングの区間を示し、(b)は送信のタイミングから所定時間遅延して受信される反射波が戻るタイミングを示したものである。(c)は受信タイミングの区間を示したものである。本発明では図6の受信側増幅器  $A_r$  の利得を制御しており、その際、(c)の斜線に示されているように受信タイミングの区間のうち前端部における利得を抑制し、徐々に抑制の度合いを小さくし、ある時点、例えば中間部において通常の利得に戻すようにしている。

#### 【0021】

図7(d)は、ターゲットが近距離にある場合に受信される反射波を示したものである。この場合、反射波は早く戻って来るため、実際に受信されるのは受信タイミングの区間  $t_0 - t_3$  内にある  $t_0 - t_1$  間の反射波のみとなる。一方、本発明では、(c)に示すように受信側増幅器  $A_r$  の利得を受信タイミングの区間の前端部から中間部にかけて抑制しているので、(d)に示されているように、受信波の電力を抑制することができる。

(e)は、ターゲットが中距離にある場合に受信される反射波を示したものである。この場合、実際に受信されるのは受信タイミングの区間  $t_0 - t_3$  内にある  $t_0 - t_2$  間の反射波のみとなる。また(e)に示されているように、受信波の電力を抑制することができる。

(f)は、ターゲットが遠距離にある場合に受信される反射波を示したもので

ある。この場合、反射波はほぼ受信タイミングの区間  $t_0 - t_3$  内に戻って来るため、反射波のほとんどが受信される。遠距離ターゲットからの反射波の場合、受信電力は小さくなるが、(f) に示すように前端部から中間部にかけて受信波の電力が抑制されるものの、中間部から後端部にかけては抑制を受けていないため、受信波全体ではそれほど減衰を受けない。

このように、本発明によれば、近距離からの反射波ほど受信電力が大きく減衰されるので、受信回路に必要とされるダイナミックレンジを小さくすることができる。

#### 【0022】

図8は、受信タイミングの区間の前半部において受信側増幅器  $A_r$  の利得を抑制することの効果を示すための図である。図において、横軸はターゲットまでの距離  $r$  であり、縦軸は受信電力  $P_r$  である。受信電力は前記式(3)で表すことができ、曲線  $P_{ra}$  に示されているように距離  $r$  の4乗に反比例して減衰してゆく。しかし、曲線  $P_{ra}$  からわかるように、近距離におけるアンテナ受信電力は大きく、遠距離から近距離までの受信電力のダイナミックレンジとして  $G_a$  が必要になる。

#### 【0023】

一方、曲線  $P_{rb}$  は図6の受信側増幅器  $A_r$  の利得を抑制した場合の距離に対する受信電力の変化を示したものである。曲線  $P_{rb}$  では受信側増幅器  $A_r$  により近距離からの反射波の利得を抑制しているので、近距離におけるアンテナ受信電力は小さくなり、ダイナミックレンジは  $G_a$  より小さい  $G_b$  となる。

近距離からの反射波の利得を抑制した場合、曲線  $P_{rb}$  に示されているように、近距離のターゲットからの反射波の受信電力(増幅器  $A_r$  の出力)は小さくなるが、中距離及び遠距離のターゲットからの反射波の受信電力は利得を抑制しない場合とほとんど変わらない。従って、小さなダイナミックレンジで近距離から遠距離までの信号を処理することができる。

#### 【0024】

なお、上記説明では、受信側増幅器  $A_r$  の利得を制御して受信電力を抑制しているが、送信側増幅器  $A_t$  の利得を制御して送信波の送信タイミングの区間の後

半部における送信電力を抑制することにより、受信電力を抑制するようにしてもよい。その場合は、送信タイミングの区間の後端部から中間部にかけて徐々に、又は段階的に抑制の度合を小さくする。別の言い方をすれば、送信タイミング区間の中間部から後端部にかけて徐々に又は段階的に抑制の度合いを大きくしている。

図9は、その場合の送信のタイミングの区間と抑制の状態を示したものである。(a)に示されているように、送信タイミングの区間の中間部から後端部にかけて徐々に抑制の度合いを大きくしている。

(b)、(c)、(d)はそれぞれ近距離、中距離、遠距離のターゲットからの反射波を示したものである。図7の(d)、(e)、(f)に示された反射波に対応した反射波であるが、電力を抑制している部分は後半部であるため、図7の場合と逆に中間部から後端部にかけて徐々に抑制の度合いが大きくなっている。

また、送信側及び受信側の両方の増幅器の利得を制御してもよい。以下に説明する実施例においても同様である。

#### 【0025】

##### 〔実施例2〕

図10は、本発明に用いる1アンテナ送受信共用FM-CWレーダの構成の概要を示した図である。電圧制御発振器(VCO)2に変調信号発生器(MOD)1から変調信号を加えてFM変調し、変調されたFM変調波は方向性結合器3を経由して送受信アンテナ(ATR)から外部に送信されると共に、送信信号の一部は方向性結合器3で分岐され第1のミキサ4-1に加えられる。一方、物体から反射された反射信号は送受信アンテナ(ATR)を介して受信される。10は送受信共用器である。A<sub>t</sub>は送信側に設けられた増幅器、A<sub>r</sub>は受信側に設けられた増幅器であり、発振器で構成される送受信切替信号発生器(OSC)9からの周波数 $f_{sw}$ の切り替え信号によりオン、オフ制御される。受信側に設けられた増幅器A<sub>r</sub>には反転器11が設けられており、増幅器A<sub>t</sub>とA<sub>r</sub>は交互にオン、オフされ、増幅器A<sub>t</sub>がオンのときに送信され、増幅器A<sub>r</sub>がオンのときに受信される。

#### 【0026】

受信された信号は第1のミキサ4-1で電圧制御発振器(VCO)2の出力信号とミキシングされてIF信号が生成される。このIF信号は第2のミキサ4-2で、OSC9からの周波数 $f_{sw}$ の変調信号と混合されてダウンコンバートされ、ビート信号が生成される。このビート信号はフィルタ(F)5を介してA/D変換器(A/D)6でA/D変換され、ディジタル信号処理部(DSP)7で高速フーリエ変換等により信号処理がされ、距離および相対速度等が求められる。

#### 【0027】

図10に示した1アンテナ送受信共用FM-CWレーダにおいても、図7及び図8を参照して説明した動作が行われる。

#### 【0028】

##### 〔実施例3〕

図11は、本発明の別の実施例の動作を説明するための図である。図11において、(a)は送信タイミングの区間を示し、(b)は送信のタイミングから所定時間遅延して受信される反射波が戻るタイミングを示したものである。(c)は受信タイミングの区間を示したもので、実施例1と同様に図10の受信側増幅器 $A_r$ の利得を制御している。この実施例では受信のタイミングの区間のうち前半部における利得の抑制の度合いを段階的に変化させ、例えば中間部において通常の利得に戻すようにしている。

#### 【0029】

図11(d)は図7(d)に相当する波形であり、ターゲットが近距離にあった場合に受信される反射波を示したものである。この場合、ターゲットが近距離にあるので、反射波は受信のタイミングの前半部において受信され後半部では受信されない。この実施例では、受信側増幅器 $A_r$ の利得を受信のタイミング区間の前半部から中間部にかけて抑制の度合いを段階的に変化させているので、近距離のターゲットから反射される受信波のダイナミックレンジを抑制することができる。

#### 【0030】

図12は、実施例2の変形を示したもので、受信側増幅器 $A_r$ の利得の抑制の



度合いを段階的に変化させている点は同じであるが、変化の段階をより多くしたものである。このように変化の段階を多くすることにより、利得の抑制の度合いをきめ細かく制御することができる。

#### 【0031】

##### 〔実施例4〕

図13は、本発明の1アンテナ送受信共用FM-CWレーダのさらに別の実施例を示したものである。図13に示された1アンテナ送受共用FM-CWレーダにおいて、図10に示した構成と異なるのは、受信側増幅器として複数の増幅器、例えばA<sub>r1</sub>とA<sub>r2</sub>の2つの増幅器を設け、一方の増幅器A<sub>r1</sub>に利得を抑制する利得制御手段12を設け、他方の増幅器A<sub>r2</sub>で送受信の切替を行なわせるようにしたことである。

なお、図13に示された1アンテナ送受信共用FM-CWレーダでは、受信側増幅器A<sub>r1</sub>で利得を制御しているが、もう一方の増幅器A<sub>r2</sub>で利得を制御してもよいし、送信側増幅器A<sub>t</sub>で送信波の利得を制御し、送信波の送信タイミングの区間の後半部における利得を抑制して受信電力を抑制するようにしてもよい。

#### 【0032】

##### 〔実施例5〕

図14は、本発明の1アンテナ送受信共用FM-CWレーダのさらに別の実施例を示したものである。図14に示された1アンテナ送受信共用FM-CWレーダにおいて、図10に示した構成と異なるのは、送信系の信号経路及び／又は送信系から方向性結合器により分岐された分岐部にそれぞれ通倍器M<sub>t</sub>とM<sub>r</sub>を設けたことである。

この実施例では、送信系の信号経路に設けられた通倍器(M<sub>t</sub>)に印加される電圧を変化させて送信タイミングの区間の後半部の送信波の送信電力を抑制して変形し、又は分岐部に設けられた通倍器(M<sub>r</sub>)に印加される電圧を変化させて、受信タイミングの区間のうち前半部の電力を抑制して変形し、受信電力を抑制することができる。

#### 【0033】

## 〔実施例 6〕

図 15 は、増幅器 A の構成を示した図である。ゲート G より信号が入力し、ドレイン D より出力する。

図 16 は、ドレイン D 又はゲート G のバイアス電圧を変化させた場合の増幅器 A の利得変化を示したグラフである。(a) はゲート電圧  $V_G$  を一定にしてドレインのバイアス電圧を  $V_B$  から  $V_A$  に変化させた場合の利得の変化を示したものである。バイアス電圧  $V_B$  を印加したときの利得は  $G_B$  と低くなり、このとき増幅器 A はほとんど動作せず、実質的にオフ状態となる。一方、バイアス電圧  $V_A$  を印加したときの利得は  $G_A$  と高くなり、このとき増幅器 A は動作状態となる。

本発明のように増幅器の利得を制御し、受信タイミングの区間の前半部又は送信タイミングの区間の後半部の利得を抑制する場合には、ドレイン電圧を  $V_B$  から  $V_A$  に徐々に変化させてゆく。また、利得の抑制を段階的に行うためには、ドレイン電圧を  $V_B$  から  $V_A$  に段階的に変化させてゆく。

## 【0034】

図 16 (b) はドレイン電圧  $V_D$  を一定にしてゲートのバイアス電圧を  $V_B$  から  $V_A$  に変化させた場合の利得の変化を示したものである。バイアス電圧  $V_B$  を印加したときの利得は  $G_B$  と低くなり、このとき増幅器 A はほとんど動作せず、実質的にオフ状態となる。一方、バイアス電圧  $V_A$  を印加したときの利得は  $G_A$  と高くなり、このとき増幅器 A は動作状態となる。

本発明のように増幅器の利得を制御し、受信タイミングの区間の前半部又は送信タイミングの区間の後半部の利得を抑制する場合には、ゲート電圧を  $V_B$  から  $V_A$  に徐々に変化させてゆく。また、利得の抑制を段階的に行うためには、ゲート電圧を  $V_B$  から  $V_A$  に段階的に変化させてゆく。

## 【0035】

## 【発明の効果】

上記のように、本発明によれば、送受信共用 FM-CW レーダにおいて、特に近距離のターゲットからの反射波の電力を抑制することにより、近距離のターゲットから遠距離のターゲットまでの反射波を受信する受信系のダイナミックレンジを小さくすることができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

ターゲットとの相対速度が 0 である場合の FM-CW レーダの原理を説明するための図である。

**【図 2】**

ターゲットとの相対速度が  $v$  である場合の FM-CW レーダの原理を説明するための図である。

**【図 3】**

1 アンテナ方式送受信共用 FM-CW レーダの構成の例を示した図である。

**【図 4】**

送信、受信等のタイミングを示した図である。

**【図 5】**

ターゲットの距離に応じて反射波のうちどの部分が受信されるかを示した図である。

**【図 6】**

本発明に用いる 1 アンテナ送受信共用 FM-CW レーダの構成の例を示した図である。

**【図 7】**

本発明の実施例の動作を説明するための図である。

**【図 8】**

受信タイミングの区間の前半部において受信側増幅器の利得を抑制することの効果を示すための図である。

**【図 9】**

本発明の実施例の動作を説明するための図である。

**【図 10】**

本発明に用いる 1 アンテナ送受信共用 FM-CW レーダの構成の別の例を示した図である。

**【図 11】**

本発明の別の実施例を説明するための図である。

**【図 1 2】**

本発明の別の実施例の変形を説明するための図である。

**【図 1 3】**

本発明に用いる 1 アンテナ送受信共用 FM-CW レーダの構成の別の例を示した図である。

**【図 1 4】**

本発明に用いる 1 アンテナ送受信共用 FM-CW レーダの構成の別の例を示した図である。

**【図 1 5】**

増幅器 A の構成を示した図である。

**【図 1 6】**

ドレイン電圧又はゲート電圧を変化させた場合の増幅器 A の利得の変化を示したグラフである。

**【符号の説明】**

MOD…変調信号発生器

VCO…電圧制御発信器

ATR…送受信アンテナ

A<sub>t</sub>…送信側増幅器

A<sub>r</sub>…受信側増幅器

M<sub>t</sub>、M<sub>r</sub>…通倍器

4-1…第 1 のミキサ

4-2…第 2 のミキサ

5…フィルタ

6…A/D 変換器

7…デジタル信号処理部

8…切替スイッチ

9…送受信切替信号発生器

10…送受信共用器

11…反転器

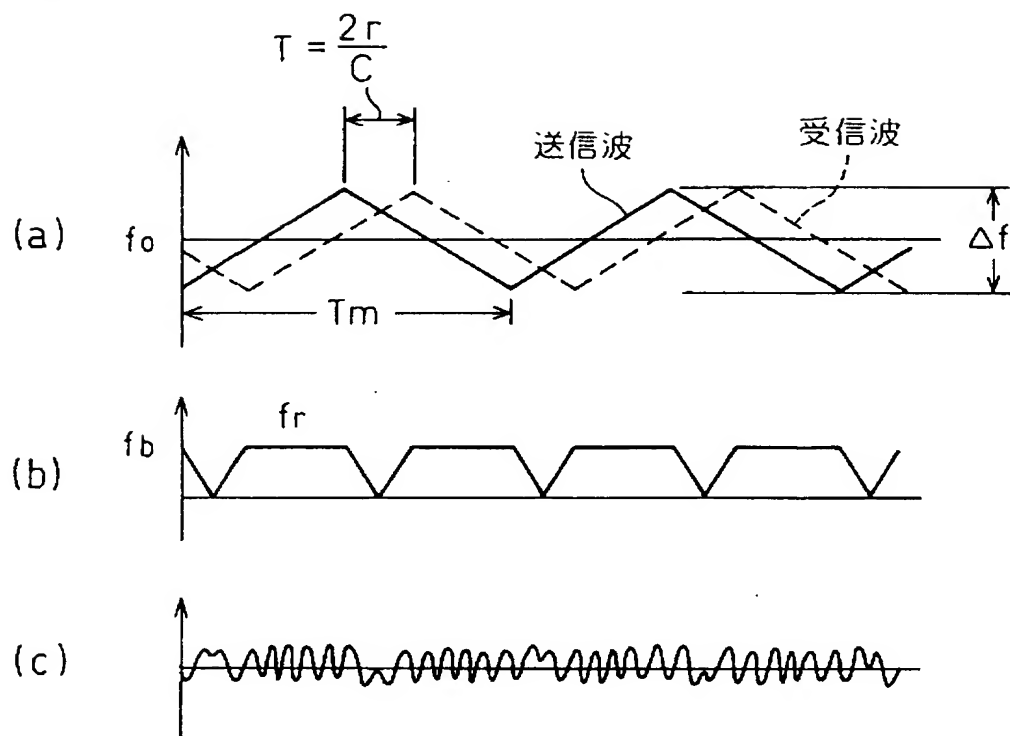
1 2 …利得制御手段

【書類名】

図面

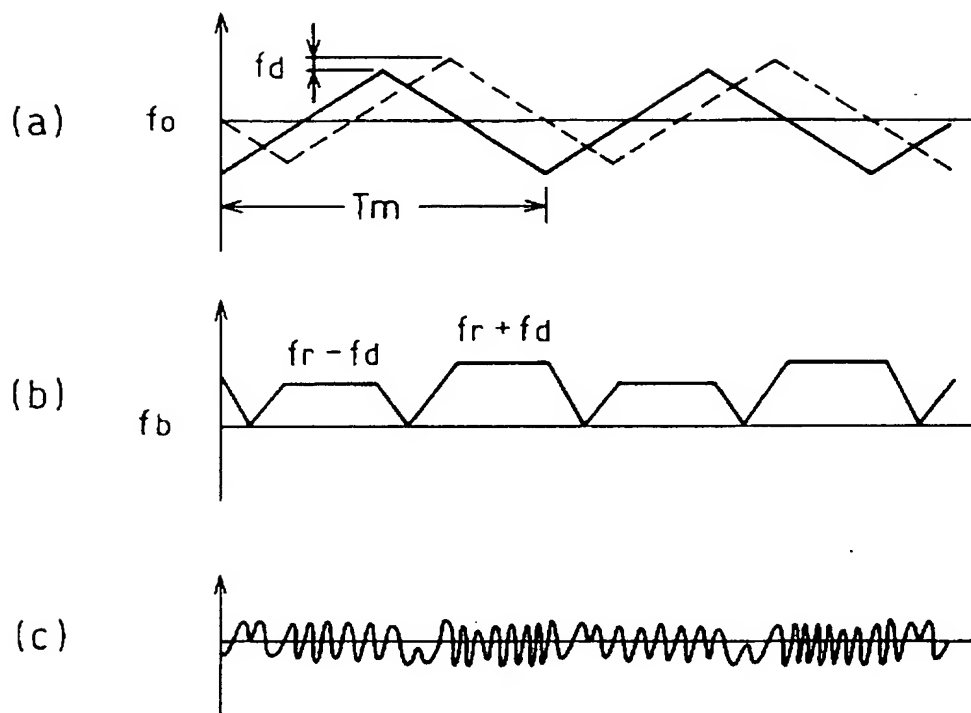
【図 1】

図 1



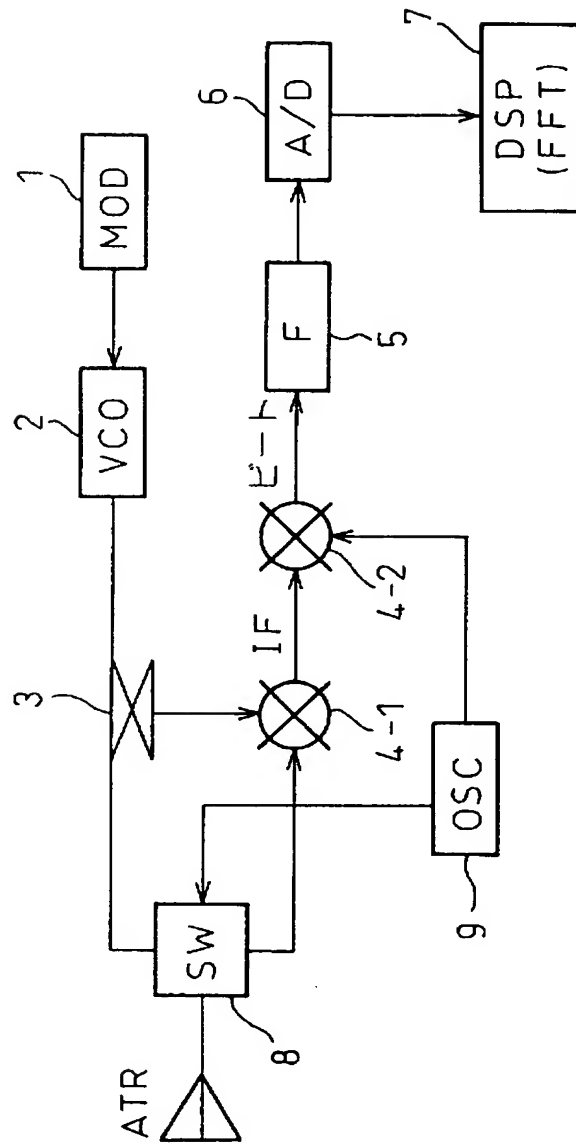
【図 2】

図 2



【図 3】

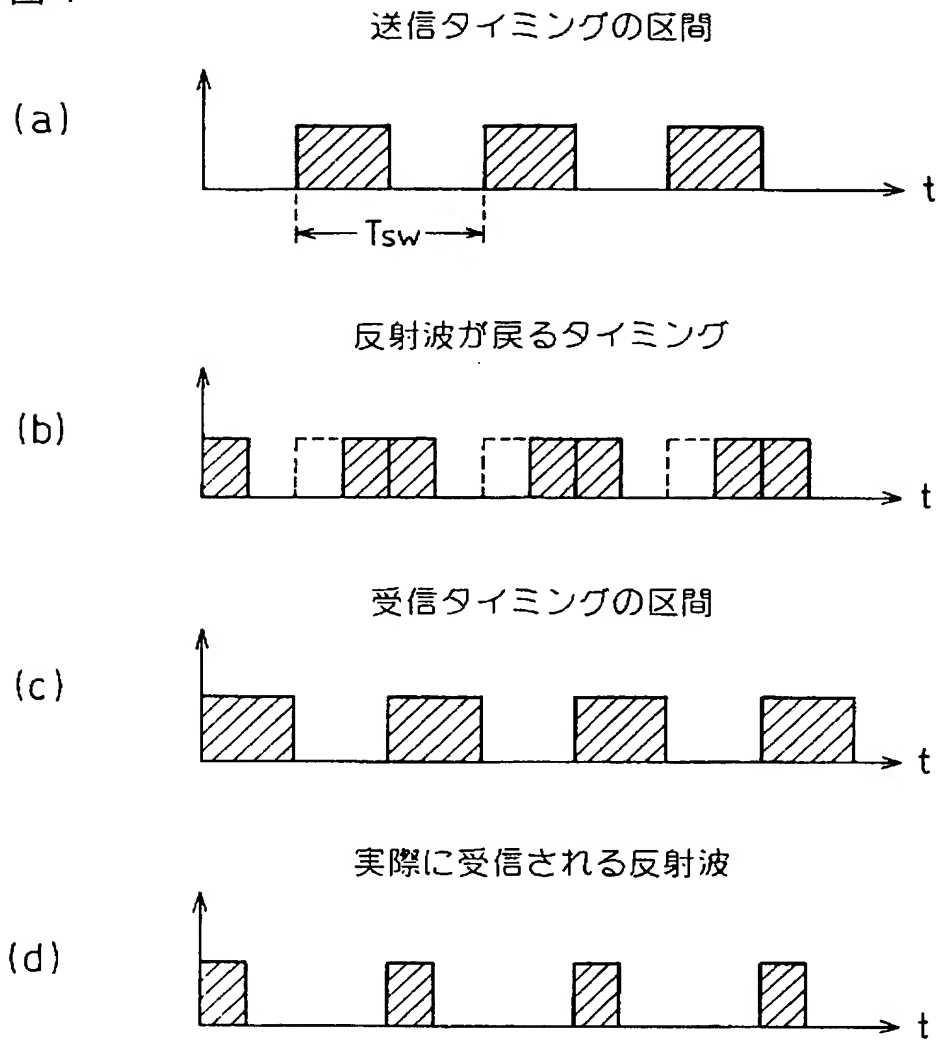
図 3





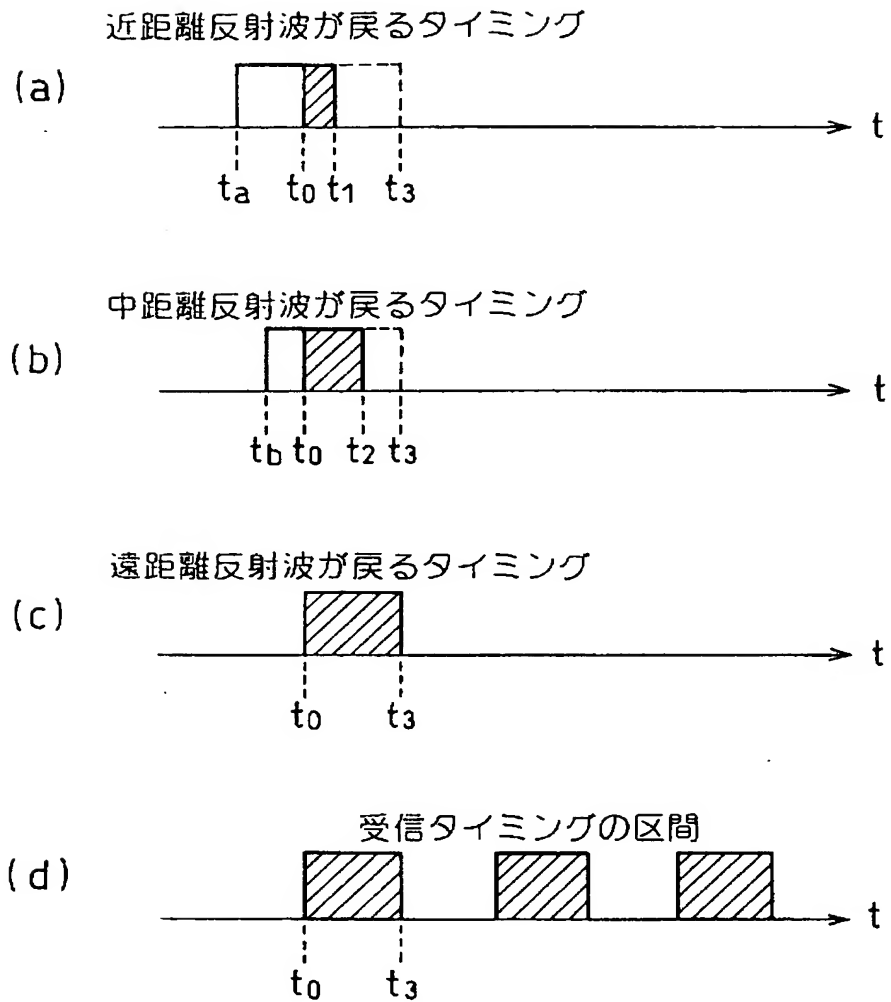
【図 4】

図 4



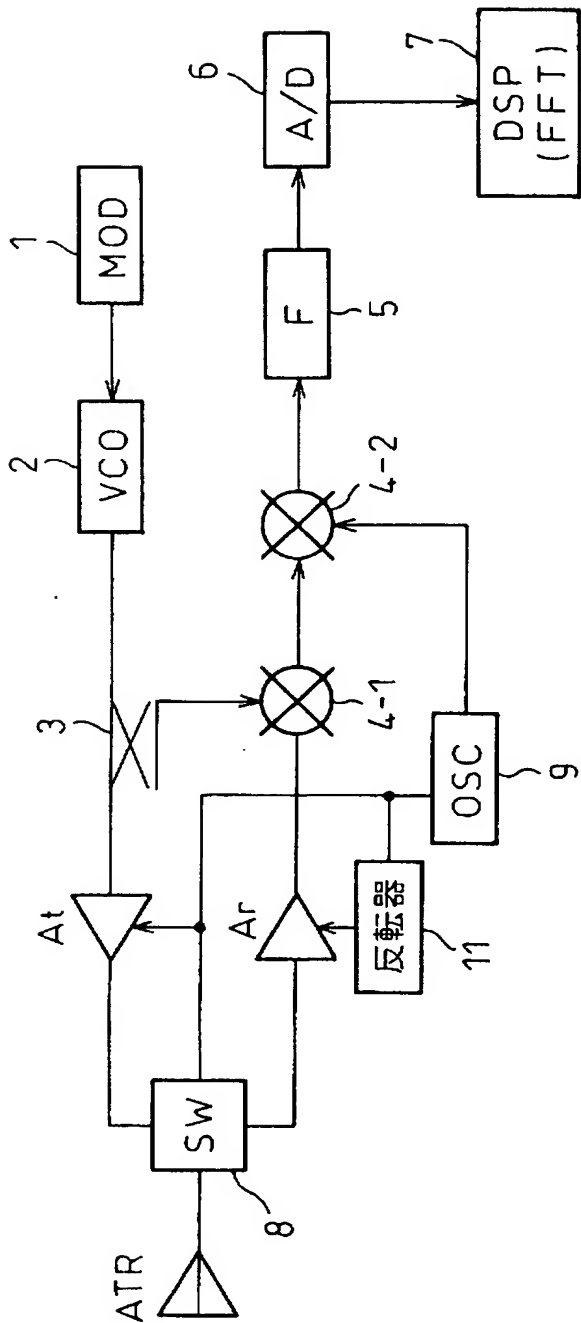
【図 5】

図 5



【図 6】

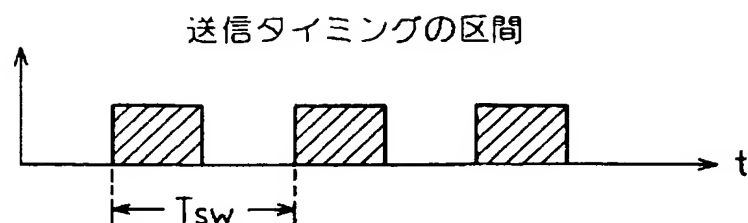
図 6



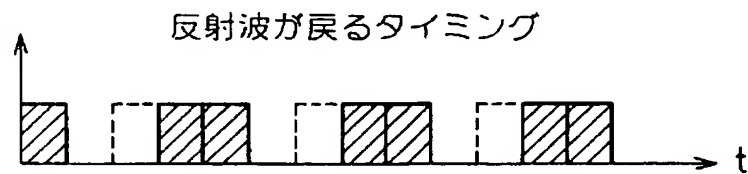
【図 7】

図 7

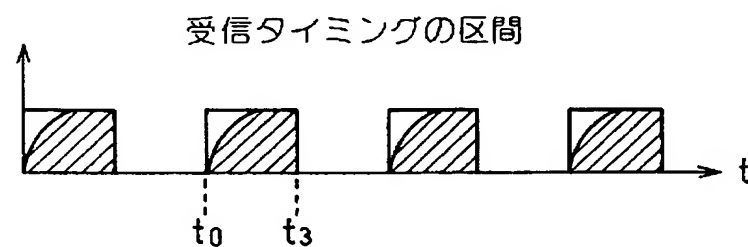
(a)



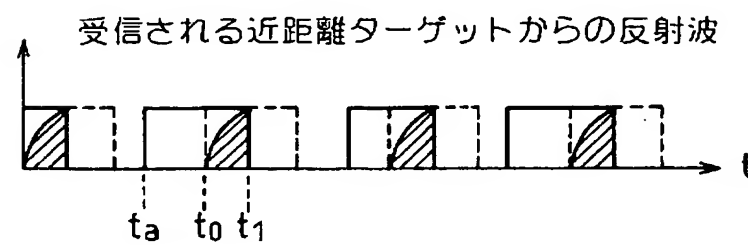
(b)



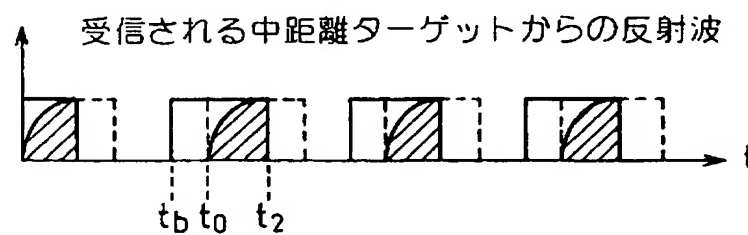
(c)



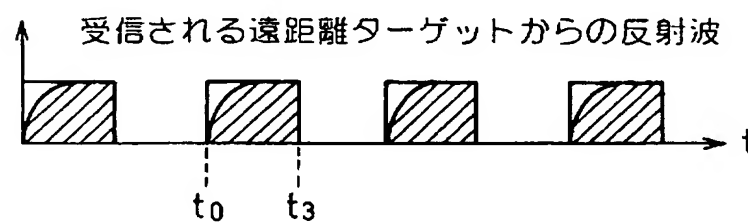
(d)



(e)

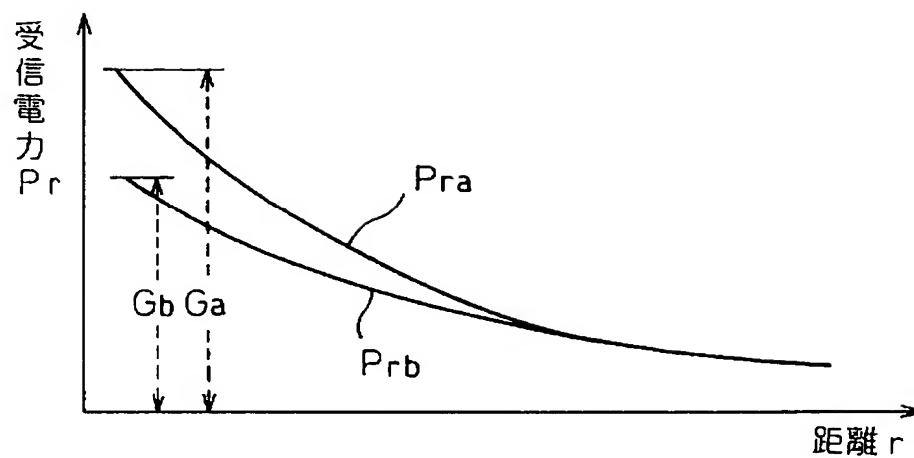


(f)



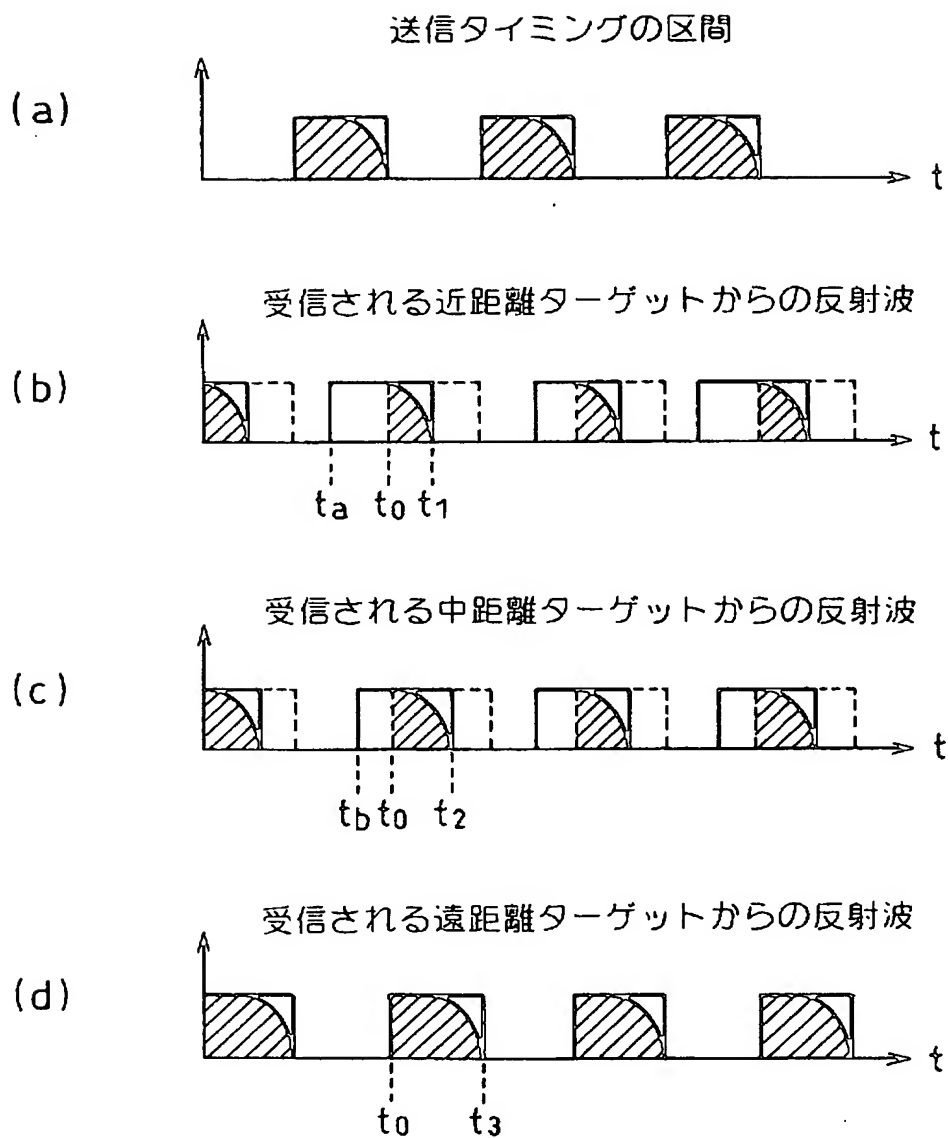
【図 8】

図 8



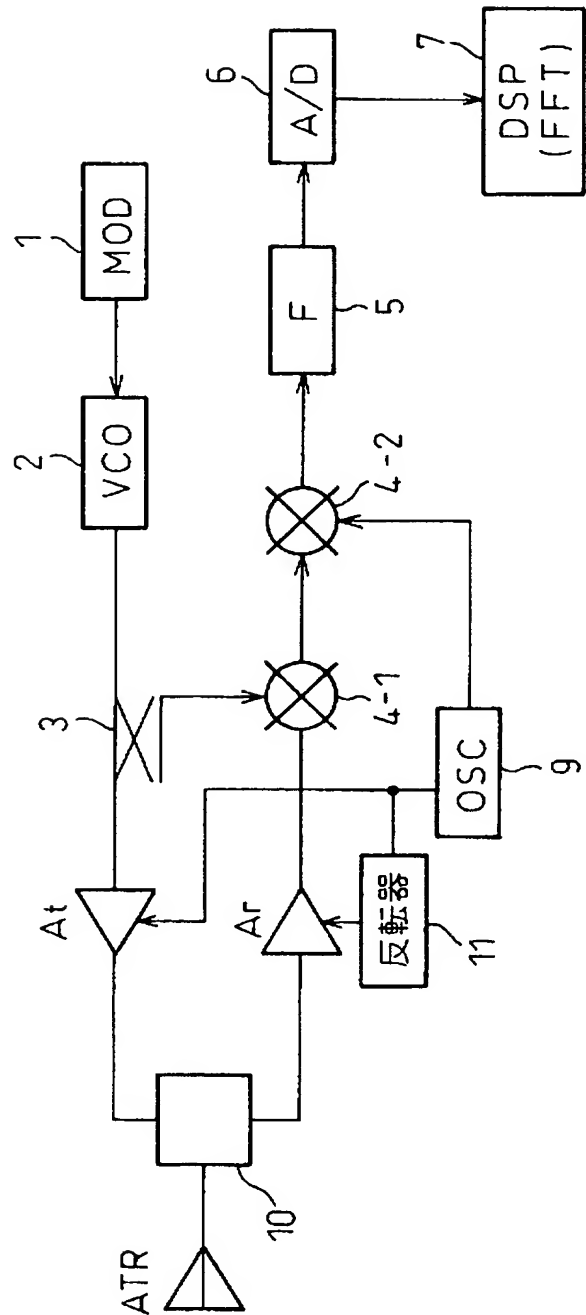
【図 9】

図 9



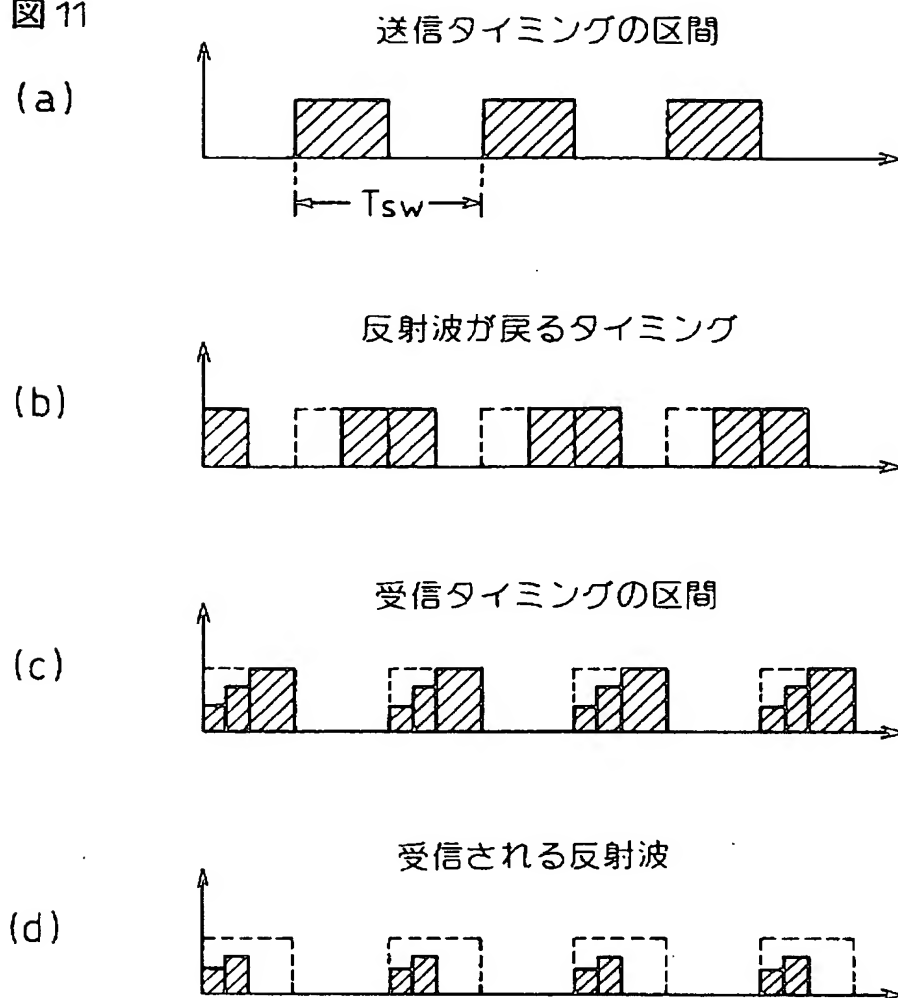
【図 10】

図 10



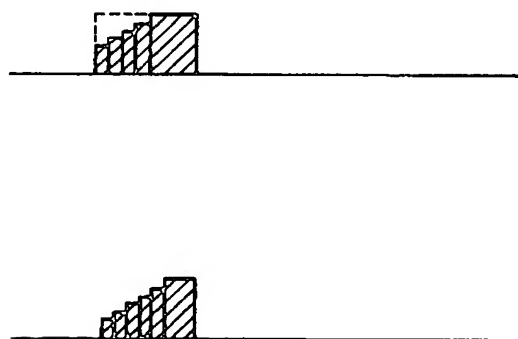
【図 11】

図 11



【図 12】

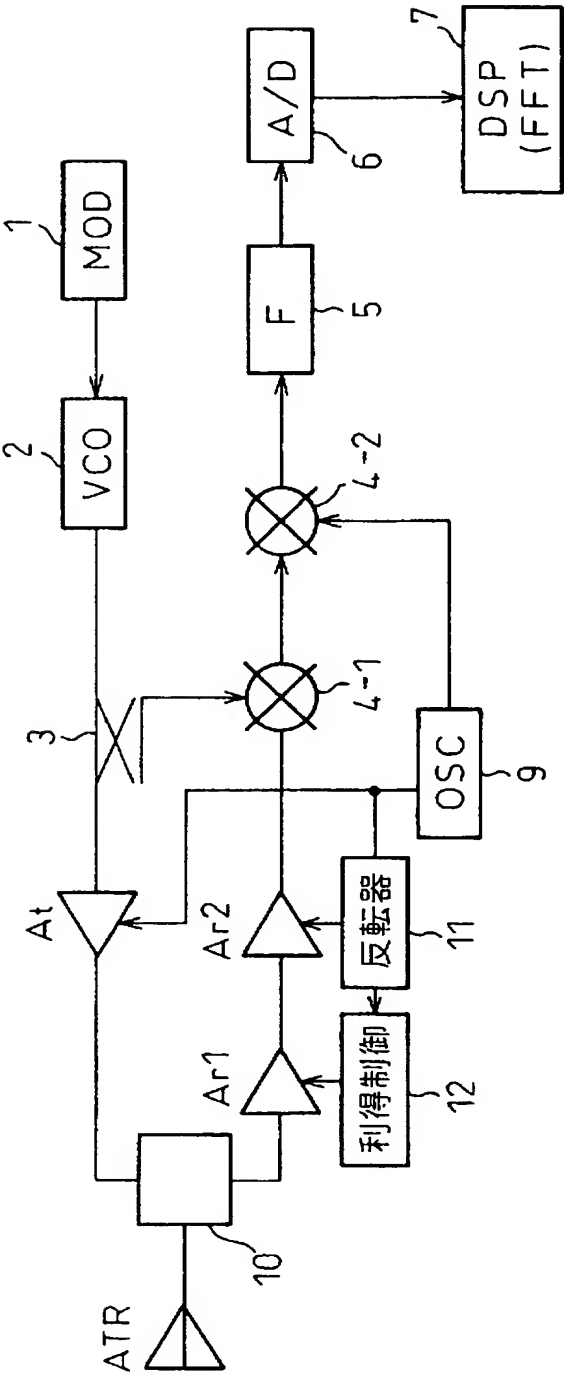
図 12





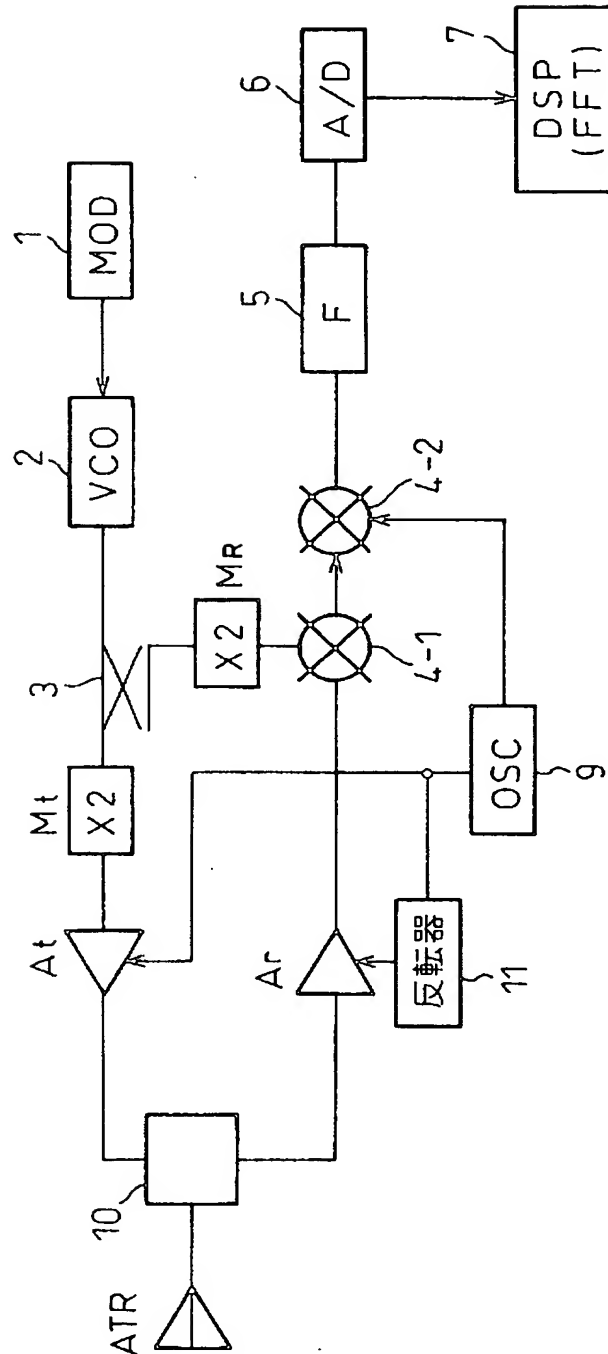
【図 13】

図 13



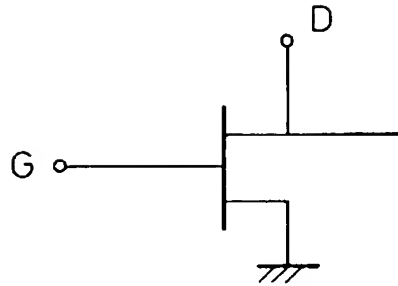
【図 14】

図 14



【図 15】

図 15

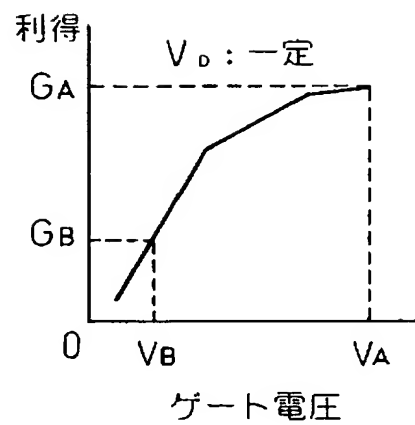
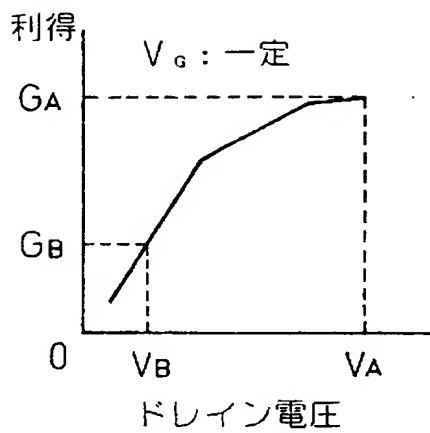


【図 16】

図 16

(a)

(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 受信部のダイナミックレンジを拡大せずに適切にターゲットを検出し、ターゲットの距離に応じて受信信号を適切に処理できる送受信共用FM-CWレーダを提供する。

【解決手段】 時分割制御により送受信切替を行う送受信共用FM-CWレーダ装置であって、送信系及び受信系の信号経路にそれぞれ増幅器を設け、該受信系の信号経路に設けられた増幅器の利得又は該送信系の信号経路に設けられた増幅器の利得を制御して、受信タイミングの区間のうち前端部又は送信タイミングの区間のうち前端部における利得を抑制する。

【選択図】 図7

特願 2 0 0 3 - 0 8 3 0 8 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 3 7 5 9 2 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号

氏 名

富士通テン株式会社